

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

***This Page Blank (uspto)***

PCT/KR 98/00376

24.11.1998

REC'D	29 DEC 1998
WIPO	PCT

EJU

대한민국 특허청

09/555046

KOREAN INDUSTRIAL  
PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Industrial  
Property Office.

출원번호 : 1997년 특허출원 제62690호  
Application Number

출원년월일 : 1997년 11월 25일  
Date of Application

출원인 : 삼성전자주식회사  
Applicant(s)

**PRIORITY  
DOCUMENT**

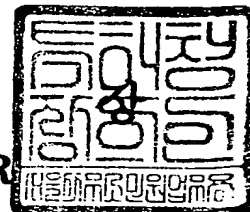
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



199<sup>8</sup>년 8월 31일

특허청

COMMISSIONER



## 특허출원서

【출원번호】 97-062690

【출원일자】 1997/11/25

【발명의 국문명칭】 F F T 윈도우 위치 복원과 샘플링 클럭 제어가 연동되는 O F D M 수신장치 및 그 방법

【발명의 영문명칭】 OFDM receiver for jointing FFT window position recovery and sampling clock control and method therefor

### 【출원인】

【국문명칭】 삼성전자 주식회사

【영문명칭】 Samsung Electronics Co., Ltd.

【대표자】 윤종용

【출원인코드】 14001979

【출원인구분】 국내상법상법인

【전화번호】 0331-200-3443

【우편번호】 442-373

【주소】 경기도 수원시 팔달구 매탄동 416번지

【국적】 KR

### 【대리인】

【성명】 이영필

【대리인코드】 H228

【전화번호】 02-588-8585

【우편번호】 137-073

【주소】 서울특별시 서초구 서초동 1571-18

### 【대리인】

【성명】 권석흠

【대리인코드】 A409

【전화번호】 02-588-8585

【우편번호】 137-073

【주소】 서울특별시 서초구 서초동 1571-18

### 【대리인】

【성명】 이상용

【대리인코드】 H426

【전화번호】 02-588-8585

【우편번호】 137-073

【주소】 서울특별시 서초구 서초동 1571-18

### 【발명자】

【국문성명】 김동규

【영문성명】 KIM, Dong Kyu

【주민등록번호】 690921-1122621

【우편번호】 442-370

【주소】 경기도 수원시 팔달구 매탄동 416

【국적】 KR

자]

【국문성명】 도상현

【영문성명】 DO, Sang Hyun

【주민등록번호】 720301-1017254

【우편번호】 442-370

【주소】 경기도 수원시 팔달구 매탄동 416

【국적】 KR

【발명자】

【국문성명】 최형진

【영문성명】 CHOI, Hyung Jin

【주민등록번호】 520830-1080711

【우편번호】 442-370

【주소】 경기도 수원시 팔달구 매탄동 416

【국적】 KR

【취지】 특허법 제42조의 규정에 의하여 위와 같이 출원합니다.

대리인 이영필 (인)

대리인 권석흥 (인)

대리인 이상용 (인)

【심사청구】 특허법 제60조의 규정에 의하여 위와 같이 출원심사를 청구합니다.

대리인 이영필 (인)

대리인 권석흥 (인)

대리인 이상용 (인)

【수신처】 특허청장 귀하

【수수료】

【기본출원료】 20 면 25,000 원

【가산출원료】 5 면 4,500 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 9 항 309,000 원

【합계】 338,500 원

【첨부서류】 1. 요약서, 명세서(및 도면) 각 1통

2. 출원서 부분, 요약서, 명세서(및 도면)을 포함하는 FD부분 1통

3. 위임장(및 동 번역문)

## 【요약서】

### 【요약】

본 발명은 FFT 윈도우 위치 복원과 아날로그-디지털 변환기를 제어하는 샘플링 클럭 제어가 연동되는 OFDM 수신 장치 및 그 방법에 관한 것이며, 고속 푸리에 변환된 파일럿을 통한 복소값을 검출하여 파일럿간의 위상 차를 OFDM 심볼동안 평균한 값을 1샘플 크기의 FFT 윈도우 오류가 존재할 경우에 발생하는 위상차에 해당하는 기준값으로 나누어 정규화하는 제1단계; 상기 제1단계의 정규화값을 반올림하여 상기 FFT 윈도우 위치를 제어하는 제2단계; 상기 제2단계에서 계산된 반올림 값과 정규화값간의 차에 의해 샘플링 클럭을 제어하는 제3단계를 포함한다.

### 【대표도】

도 2

## 【명세서】

### 【발명의 명칭】

FFT 윈도우 위치 복원과 샘플링 클럭 제어가 연동되는 OFDM 수신 장치 및 그 방법

### 【도면의 간단한 설명】

도 1은 일반적인 OFDM 시스템 수신 장치의 구성을 보이는 블록도이다.

도 2는 본 발명에 따른 OFDM 수신 장치의 구성을 보이는 블록도이다.

도 3은 OFDM 심볼에서 FFT 윈도우 오프셋과 샘플링 클럭 오프셋을 도시한 것이다.

도 4는 주파수 오프셋, 위상 오프셋, FFT 윈도우 오프셋, 샘플링 클럭 오프셋이 존재할 경우 부반송파 번호에 따라 발생하는 위상 변이를 도시한 것이다.

도 5는 본 발명에 따라 반올림 계산기를 이용한 시간 동기 오류의 분리를 나타내는 개념도이다.

도 6a는 본 발명에서 FFT 윈도우 오프셋에 따른 위상차 계산기의 출력을 도시한 것이다.

도 6b는 본 발명에서 FFT 윈도우 오프셋의 크기에 대하여 FFT 윈도우 제어기의 입력을 도시한 것이다.

도 6c는 본 발명에서 FFT 윈도우 오프셋의 크기에 대하여 샘플링 클럭 제어를 제어하는 PLL기의 입력을 도시한 것이다.

### 【발명의 상세한 설명】

## 【발명의 목적】

## 【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

본 발명은 직교 주파수 분할 다중화(Orthogonal Frequency Division Multiplexing: 이하 OFDM이라 칭함) 수신장치 및 그 방법에 관한 것으로서, 특히 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform: 이하 FFT라 칭함) 윈도우 위치 복원과 아날로그-디지털 변환기(Analog-to-Digital Converter)를 제어하는 샘플링 클럭 제어가 연동되는 OFDM 수신 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

일반적으로 송신기에서 전송된 유선 디지털 지상파 방송용 OFDM 방식의 신호를 수신기가 정확히 복원하기 위해서는 시간 동기(time synchronization)와 주파수 동기(frequency synchronization)가 정확히 수행되어야 한다. 시간 동기(time synchronization)는 정확한 신호의 병렬 처리를 위한 FFT 윈도우 위치 복원과 수신 신호중 SNR(Signal-to-Noise Ratio: 신호 대 잡음비)이 최대인 곳을 샘플링하기 위한 ADC(Analog-to-Digital Converter)의 샘플링 클럭을 제어하는 샘플링 클럭 복원으로 이루어진다. 주파수 동기는 수신기의 RF 발진 주파수를 송신기의 발진 주파수에 동기시킨다.

도 1은 일반적인 OFDM 시스템 수신 장치의 구성을 보이는 블록도이다. 도 1의 장치는 ADC기(110), FFT 윈도우기(120), FFT기(130), 파일럿 추출기(140), 위상 계산기(150), FFT 윈도우 옵셋 검출기(170), FFT윈도우 제어기(180), PLL기(190)로 이루어지며, 상기 ADC기(110)는 수신되는 OFDM 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하며, 상기 FFT 윈도우기(120)는 상기 FFT 윈도우 제어기(180)로부터 인가받은



정보를 이용하여 상기 ADC(110)로부터의 발생하는 샘플들중 유효 데이터 구간의 샘플만을 출력하며, 상기 FFT기(130)는 상기 FFT 윈도우기(180)로부터 출력된 변조 데이터를 고속 푸리에 변환하며, 상기 파일럿 추출기(140)는 FFT기(130)의 출력중 송수신기간의 약속한 값을 전송하는 데 사용되는 파일럿의 수신 복소값을 추출하며, 상기 위상 계산기(150)는 상기 파일럿 추출기(140)로부터 출력된 수신 복소값의 위상 변이를 계산하며, 상기 FFT 윈도우 오프셋 검출기(160)는 상기 위상 계산기(150)로부터 출력된 파일럿의 위상 변이에서 FFT 윈도우 오류를 검출하며, 상기 FFT윈도우 제어기(180)는 FFT 윈도우 오프셋 검출기(160)로부터 출력된 수신기의 추정 오류를 이용하여 FFT 윈도우의 윈도우 시점을 제어하며, 상기 샘플링 클럭 오프셋 검출기(170)는 상기 위상 계산기(150)로부터 출력된 파일럿의 위상 변이에서 샘플링 클럭 오프셋을 검출하며, 상기 PLL(Phase Loop Lock)기(190)는 상기 샘플링 클럭 오프셋 검출기(170)로부터 출력된 값을 이용하여 상기 ADC(110)를 구동한다. 도 1의 장치는 FFT 윈도우 위치 복원이 완료된 후에 샘플링 클럭 제어 기능이 동작한다.

우선, OFDM 신호의 심볼(Symbol)에 관해 고찰해보면 FFT의 크기가 N개일 때 심볼은 역고속 푸리에 변환(Inverse Fast Fourier Transform: 이하 IFFT라 칭함)의 출력인 N개의 실효 데이터 샘플과 심볼간의 간섭을 방지하기 위하여 심볼사이에 삽입하는 G개의 샘플 길이를 가지는 보호 간격(Guard Interval)으로 구성된다. 즉, 송신기(도시 안됨)에서는 IFFT기(도시안됨)에서 출력된 N개의 복소값과 이 중 마지막 G개를 복사하여 총 (G+N)개의 샘플로 이루어진 한 개의 심볼을 전송한다.

【수학식 1】

$$s_j = \sum_{n=-G}^{N-1} x_{j,n} = \sum_{n=-G}^{-1} \sum_{k=0}^{N-1} X_{j,k} e^{j2\pi k(N+n)/N} + \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} X_{j,k} e^{j2\pi kn/N}$$

수학 식1은 FFT기(130)에서 출력된 복소값으로 이루어진 j번째 심볼을 나타낸 것이다. 여기서 j는 심볼 번호이며, k는 부반송파 번호이며, N는 실효 데이터의 샘플 개수이며, n은 샘플 시간을 의미하고  $X(\cdot)$ 와  $x(\cdot)$ 는 각각 송신 IFFT의 입력 복소 값과 출력 복소 값을 나타낸다. 수학 식1의 두번째식에서 첫째항은 보호 간격 부분이고, 둘째항은 실효 데이터 부분을 나타낸다.

도 1에 도시된 바와 같이 아날로그-디지털 변환(ADC)기(110)는 수신된 OFDM 신호를 샘플링한다. FFT 윈도우기(120)는 FFT윈도우 위치를 복원하기 위해 FFT 윈도우 제어기(180)에 의해 제어되며, 수학 식1의 첫째항인 보호 간격을 제거한 후 둘째항을 순차적으로 FFT기(130)에 전달한다. 즉, 송신기의 IFFT 단의 0번에서 출력된 값은 수신기의 FFT기(130)의 0번에 입력되어야하고 IFFT단 (N-1)번에서 출력된 값은 수신기의 FFT기(130)의 (N-1)번에 입력되어야한다. 위상계산기(150)는 상기 파일럿 추출기(140)에서 추출된 한 파일럿의 수신 복소값과 약속된 복소값간의 위상차를 계산한다. FFT윈도우 옵셋 검출기(160)는 위상계산기(150)에서 출력되는 위상차에 의해 FFT 윈도우 옵셋을 검출한다. FFT 윈도우기(180)는 FFT 윈도우 옵셋에 의해 FFT 윈도우 위치가 제어된다. 여기서 FFT윈도우 위치 복원이 제대로 이루어지지 않을 경우 PLL기(190)에 의한 샘플링 클럭 제어가 제대로 수행되지 못하므로 수신 신호를 정확히 복원 할 수 없다. 따라서 FFT 윈도우 제어기(180)에 의한 FFT 윈도우 위치 복원이 완료된 후에 PLL기(180)에 의한 샘플링 클럭 제어가 시작

된다. 즉, 위상계산기(150)는 FFT 윈도우 위치 복원이 완료된 후 파일럿 추출기(140)에서 추출된 한 파일럿의 수신 복소값과 약속된 복소값간의 위상차를 계산한다. 샘플링 옵셋 검출기(170)는 위상계산기(150)에서 출력되는 위상차에 의해 샘플링 옵셋을 검출한다. PLL기(190)는 샘플링 클럭 옵셋에 의해 ADC기(110)의 샘플링 클럭을 제어한다. 샘플링 클럭이 제어되지 않을 경우 송수신기간의 샘플링 클럭 차이로 인하여 수신기는 OFDM 심볼 동안 총(N+G)개의 샘플을 획득하지 못하고 (N+G+1) 혹은 (N+G-1)개의 샘플을 획득하므로 추가적인 FFT 윈도우 오류로 발생한다. 따라서 도 1의 장치는 먼저 정확한 FFT 윈도우 위치 복원이 이루어진 다음에 샘플링 클럭 오류를 제어함으로써, 샘플링 클럭 오류가 제어되지 않은 상태로 동작될 때가 있는 문제점이 있다.

또한 일반적인 FFT 윈도우 위치 복원 방식으로는 FFT 앞단의 시간 영역에서 상호상관값의 최대가 되는 지점이나 신호간 차가 최소인 지점을 찾는 방식 등이 있다. 그러나, 이와 같은 방식들은 백색 가우시안 잡음(Adaptive White Gaussian Noise : 이하 AWGN) 및 다중 경로 채널의 영향등으로 인하여 올바른 FFT 윈도우 위치 복원이 불가능한 경우도 있다.

또한 일반적인 샘플링 클럭 제어는 위상 계산기(150)를 통해 수학 식2와 같이 연속 수신된 j번째와 (j+1)번째 심볼에 대한 파일럿의 위상변이차  $\Delta\phi_{j+1,k}$ 를 이용하는 방법이 있다. 즉,

【수학식 2】

샘플링 클럭 옵셋 검출기(170)는 샘플링 클럭을 제어하기 위한 샘플링 클럭 옵셋(G)을 수학 식3과 같이 검출한다.

【수학식 3】

$$G = \Delta\phi_{j+1,k_2} - \Delta\phi_{j+1,k_1} = 2\pi(\Delta t_{j+1} - \Delta t_j)(k_1 - k_2)/T_U$$

이와 같은 방식은 주파수 옵셋 및 FFT 윈도우 옵셋의 영향에 둔감하나 샘플링 클럭 옵셋을 구하기 위해서는 두 심볼구간이 소요되며 특히 샘플링 클럭 주파수 옵셋은 존재하지않고 샘플링 클럭 위상 옵셋만이 존재할 경우 샘플링 클럭 위상 옵셋을 보상하지 못하는 단점이 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

본 발명이 이루고자하는 기술적과제는 파일럿 추출 수단으로부터 추출된 파일럿중 두 개의 파일럿간의 위상차를 검출하여 FFT 윈도우 위치 복원 기능과 샘플링 클럭 제어 기능을 동시에 수행할 수 있는 OFDM 수신 장치 및 그 방법을 제공하는 데 있다.

【발명의 구성 및 작용】

상기의 기술적 과제를 해결하기 위하여, N개의 실효 데이터 샘플과 G개의 보호구간으로 이루어진 심볼을 단위로 고속 푸리에 변환하는 OFDM 수신 장치에 있어서, OFDM 신호를 디지털 복소 샘플로 변환하는 아날로그-디지털 변환 수단; 상기 아날로그-디지털 변환 수단에서 출력되는 디지털 복소 샘플들중에서G개의 보호구간을 제거하고 N개의 실효 데이터 샘플을 출력하는 FFT 윈도우 수단; 상기 FFT 윈도우 수단으로부터 출력되는 샘플들을 고속 푸리에 변환하는 FFT 수단; 상기 FFT 수

단으로부터 다수의 파일롯들을 통하여 수신된 수신 복소값들중 두 개의 값간의 위상 차를 계산하고, OFDM 심볼동안 이들 위상 차의 평균한 값을 계산하며, 그 평균 값을 소정의 기준값으로 나누어 정규화시키는 위상계산수단; 상기 위상계산수단으로부터 출력되는 정규화값을 반올림한 정수부분에 의해 상기 FFT 윈도우기의 윈도우 위치를 제어하는 FFT 윈도우 제어 수단; 상기 FFT 윈도우 제어 수단의 반올림 값과 상기 위상계산수단의 정규화값간의 차인 소수부분에 의해 상기 아날로그-디지털 변환 수단의 샘플링 클럭을 제어하는 위상 동기 루프 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 FFT 윈도우 위치 복원과 샘플링 클럭 제어가 연동되는 OFDM 수신 장치이다.

상기의 다른 기술적 과제를 해결하기 위하여, OFDM 수신 장치에서 N개의 실효 데이터 샘플과 G개의 보호구간으로 이루어진 심볼을 단위로 FFT 윈도우 위치 복원과 샘플링 클럭 제어를 동시에 수행하는 방법에 있어서, 고속 푸리에 변환된 파일롯을 통한 복소값을 검출하여 파일롯간의 위상 차를 OFDM 심볼동안 평균한 값을 1샘플 크기의 FFT 윈도우 오류가 존재할 경우에 발생하는 위상차에 해당하는 기준값으로 나누어 정규화하는 제1단계; 상기 제1단계의 정규화값을 반올림하여 상기 FFT 윈도우 위치를 제어하는 제2단계; 상기 제2단계에서 계산된 반올림 값과 정규화값간의 차에 의해 샘플링 클럭을 제어하는 제3단계를 포함하는 OFDM 수신 장치의 FFT 윈도우 위치 복원과 샘플링 클럭 제어 연동 방법이다.

이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명하기로 한다.

도 2는 본 발명에 따른 OFDM 수신 장치의 구성을 보이는 블록도이다. 도 2의

장치는 ADC기(210), FFT 윈도우기(212), FFT기(214), 파일럿 추출기(216), 위상 계산기(240), 반올림 계산기(224), 뺄셈기(226), FFT윈도우 제어기(228), PLL기(230)로 이루어지며, 상기 위상 계산기(240)는 위상차 계산기(218), 평균 계산기(220), 정규화기(222)로 이루어진다.

도 3은 OFDM 심볼에서 FFT 윈도우 옵셋( $t_d$ )과 샘플링 클럭 옵셋( $\Delta t$ )을 도시한 것이다.

도 2에 도시된 바와 같이 수신된 OFDM 신호는 ADC기(210)를 통하여 디지털 복소 샘플(Digital Complex Sample)로 변환된 후 FFT 윈도우기(212)에 입력된다. FFT 윈도우기(212)는 입력된 샘플에서 수학 식1의 두 번째 식의 첫째항을 제거한 후 순차적으로 샘플값들을 FFT기(214)에 출력한다. FFT기(214)는 입력된 N개의 샘플값을 고속 푸리에 변환을 수행한다.

파일럿 추출기(216)는 FFT기(214)에서 출력되는 FFT 출력중에서 파일럿을 통하여 전송된 수신 복소값을 추출한다. 파일럿(Pilot)은 OFDM 시스템에서 송수신간의 동기를 위해 송신장치가 약속된 값을 전송하는 데 사용되는 특정 부반송파이다. OFDM 시스템의 수신장치는 FFT 출력중에서 파일럿을 통하여 전송된 수신 복소값을 이용하여 동기에 사용한다.

위상 계산기(240)는 다수의 파일럿들을 통하여 수신된 수신 복소값들중 두 개의 값간의 위상 차를 계산한 후, OFDM 심볼동안 이들 위상 차의 평균한 값을 계산하며 다음으로 평균값을 1샘플 크기의 FFT 윈도우 오류가 존재할 경우에 발생하는 위상 차에 해당하는 기준값으로 나누어 정규화한다. 즉, 위상차 검출기(218)는

파일럿 추출기(216)에서 출력된 서로 다른 번호의 2개의 파일럿의 수신 복소값간의 위상차를 검출한다. 여기서 위상차 검출 방법은 파일럿을 통하여 전송하는 송수신 기간에 약속한 값의 할당 방법에 따라 달라진다. 첫째 방법은 심볼과 파일럿에 관계없이 모든 파일럿에 동일한 복소값을 전송할 경우 입력된 수신 복소값의 위상을 구하는 위상 검출기(도시안됨)와 2개의 파일럿의 수신 복소값에서 구해진 위상간의 차를 구하는 뺄셈기(도시안됨)로 구성된다. 둘째 방법은 파일럿에 따라 다른 복소값을 전송할 경우 입력된 수신 복소값과 약속한 값간의 위상 차이를 계산하는 위상 검출기(도시안됨)와 2개의 파일럿의 수신 복소값에서 구해진 위상간의 차를 구하는 뺄셈기(도시안됨)로 구성된다. 위상차 검출의 원리를 상세히 설명하면 다음과 같다. 도 3에서 한 개의 OFDM 심볼에서 시간 영역에서 동기오류인 FFT 윈도우 옵셋( $T_d$ )과 샘플링 클럭 옵셋( $\Delta t$ )을 나타내고 있다. 따라서  $j$  번 OFDM 심볼에 대한 시간 동기오류는 정격 샘플 구간으로 정규화하여 수학 식4와 같이 정의할 수 있다.

#### 【수학식 4】

파일럿 추출기(216)에서  $j$ 번째 수신 OFDM 심볼에서  $k$ 번 부반송파를 통하여 수신된 복소점은 수학 식5과 같다.

#### 【수학식 5】

$$Y_{j,k} = X_{j,k} \cdot e^{j\left\{2\pi k \frac{T_d}{T_U} + 2\pi k \frac{\Delta t_i}{T_U} + \phi_0 + 2\pi A(T_C + T_U)\right\}} \quad \text{여기서 } T_U \text{는 실효 데이터의 지속 시간}$$

$j$ 번째 OFDM 심볼에서  $k$ 번 부반송파를 통하여 수신된 복소점의 동기 오류로

인하여 발생하는 위상 변화는 수학 식6과 같다.

【수학식 6】

여기서 수학 식6 우변의 첫째 항은  $T_a$  샘플 크기의 FFT 윈도우 위치 오프셋으로 인하여 발생한 위상 변이를 나타내고, 둘째 항은 OFDM 심볼의 첫 샘플에 대하여  $\Delta t_j$  샘플 크기의 샘플링 타이밍 오프셋으로 인하여 발생한 위상 변이를 나타내고, 셋째 항은  $\phi_0$  [radian] 크기의 송, 수신기간의 RF 반송파간의 위상 오프셋으로 인하여 발생하는 위상 변이를 의미하고, 넷째 항은  $\Delta f$  [Hz] 크기의 송, 수신기간의 RF 반송파간의 주파수 오프셋으로 인하여 발생하는 위상 변이를 의미한다. j번째 심볼에서  $k_1$ 과  $k_2$  두 개의 부반송파간의 위상 차이는 수학 식7과 같다.

【수학식 7】

수학 식7로부터 두 개의 파일럿을 통하여 수신된 복소값간의 위상 차이 ( $\phi_{j,k_2} - \phi_{j,k_1}$ )값에는 주파수 오프셋과 위상 오프셋의 항이 제거되었음을 알 수 있다. 이는 위상 차이값을 계산하는 데 잔존 주파수 오프셋과 위상 오프셋의 영향을 받지 않음을 의미한다.

위상차검출기(218)는 인접하지 않은 두 개의 파일럿간의 위상차를 이용할 수 있다.



도 4는 주파수 오프셋(frequency offset), 위상 오프셋(phase offset), FFT 윈도우 오프셋(FFT window offset), 샘플링 클럭 오프셋(sampling clock offset)이 존재할 경우 부반송파 번호(carrier index)에 따라 발생하는 위상 변이를 도시한 것이다.

도 4는 제1 OFDM 심볼이 주파수 오프셋(frequency offset), 위상 오프셋(phase offset)과 FFT 윈도우 오프셋(FFT window offset)으로 인하여 각 부반송파가 받는 위상 변이량을 보여주며, 다음 수신되는 제2 OFDM 심볼이 바로 전 제1 OFDM 심볼이 받는 위상 변이량에 주파수 오프셋(frequency offset)과 샘플링 클럭 오프셋(sampling clock offset)에 의한 위상 변이량이 추가로 발생하게 됨을 보여준다. 여기서 각 심볼 2개의 부반송파간의 위상 차이는 수학 식7으로 구할 수 있다. 수학 식7에서 구한 위상 차이를 이용하여 FFT 윈도우 오프셋과 샘플링 클럭 오프셋을 보상한다.

평균 계산기(220)는 수학 식8과 같이 OFDM 심볼동안 위상차 검출기(240)로부터 출력된 위상차의 평균을 계산한다. 일반적으로 OFDM 시스템에서는 다수의 파일럿을 사용하므로 이들로부터 계산된  $\hat{\tau}_{j, k_{(n+1)}, n}$ 의 평균값을 사용하므로써 보다 신뢰성 있는 값을 얻을 수 있다. 수학 식8에  $L$ 은 사용된 파일럿의 개수를 의미한다.

【수학식 8】

$$\hat{\tau}_j = \frac{1}{L} \sum_{n=1}^L \frac{\Delta\phi_{j, k_{n+1}, n}}{k_{n+1} - k_n}$$

정규화기(222)는 위상차검출기(218)로부터 출력된 두 파일럿간의 위상 차값

을 기준값으로 나누어 FFT 윈도우 옵셋 1 샘플에 대하여 정규화를 수행한다. 여기서 FFT 윈도우 옵셋이 1 샘플이 존재할 경우에 두 파일럿간에 발생하는 위상 차이를 기준값으로 정한다. 정규화기(222)는 두 부반송파간 위상 차이를 주파수 번호 차이로 나눔으로서 부반송파에 대한 위상 변화의 크기를 알 수 있으며 이것을 FFT 윈도우 위치 옵셋이 1 샘플일 때 발생하는 위상 변화 크기인  $2\pi/N$  로 나눔으로서 1샘플의 FFT 윈도우 위치 옵셋의 영향에 대하여 정규화된 옵셋값을 구할 수 있다. 수학 식9는 평균값에서 정규화를 행한 수식이며, 우변식은 수학 식7을 인용한 시간 동기 오류의 결과식이다.

【수학식 9】

$$\hat{\tau}_j = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{N} \frac{1}{L} \sum_{n=1}^L \frac{\Delta\phi_{j,k_{n+1},n}}{k_{n+1}-k_n} = \frac{T_d + \Delta t_j}{T_s}$$

따라서 위상계산기(240)은 FFT 윈도우 위치 옵셋과 샘플링 클럭 옵셋간의 합을 두 부반송파간 위상 차이, 두 부반송파간 주파수 번호 차이, N을 이용하여 위상차, 평균값, 정규화값을 구할 수 있다.

정규화기(222)에서 정규화한 위상 변이량은 반올림 함수를 사용하면 수학 식 10과 같이 정수부와 소수부로 구분된다.

도 5는 본 발명에 따라 반올림 계산기(224)를 이용한 시간 동기 오류의 분리를 나타내는 개념도이다. 도 5에 도시된 바와 같이 위상 변화의 기울기는 FFT 윈도우 옵셋(FFT window offset)의 영향과 샘플링 클럭 옵셋(sampling clock offset)의 영향이 합해져 나타난다. 즉, FFT 윈도우 옵셋이 1샘플일 경우 실제 위상 변화의

기울기는 FFT 윈도우 옵셋 판정 영역(FFT windw offset decision area)내에서 1 샘플의 FFT 윈도우 옵셋에 대한 위상 변화의 기울기를 중심으로 매 심볼 마다 변화한다. 여기서 반올림 계산기(224)를 이용하여 정규화된 위상차를 정수부와 소수부를 분리할 수있음을 보인다.

【수학식 10】

$$\widehat{\tau}_j = r[\widehat{\tau}_j] + \{\widehat{\tau}_j - r[\widehat{\tau}_j]\} = (\text{정수부}) + (\text{소수부})$$

여기서  $r(\cdot)$ 는 반올림 함수이며, 소수부는  $\pm 0.5$  이내의 값을 갖는다.

FFT 윈도우기(212)의 FFT 윈도우 추정값은 샘플 단위이므로 정수 형태로 제어된다. ADC기(110)의 샘플링 클럭은 도 3에 도시된 바와 같이  $-0.5 \sim +0.5$ 이내의 오차로 제어된다. 따라서 반올림 계산기(224)는 정규화기(222)에서 정규화한 위상변이량을 정수 형태로 바꾸어 주는 부분으로 수학 식11와 같다.

【수학식 11】

$$\widehat{T}_d = (\text{정수부})$$

FFT윈도우 제어기(228)는 반올림 계산기(224)에서 출력되는 정수값을 입력하여 FFT 윈도우기(120)의 FFT 윈도우 위치 복원 오류를 정정한다.

멜샘기(226)는 정규화기(222)에서의 실수 형태의 출력값과 반올림 계산기(224)에서의 정수 형태의 출력값간의 차를 구하며 수학 식12과 같이 나타낼 수있다.

【수학식 12】

$$\widehat{\Delta t_{j+1}} = (\text{소수부})$$

PLL기(230)는 펄셈기(226)에서 출력되는 소수값을 입력하여 ADC기(210)의 샘플링 클럭의 오프셋을 제어한다.

도 6a는 본 발명에서 FFT 윈도우 오프셋에 따른 위상차 계산기(240)의 출력을 도시한 것이다. 도 6a는 FFT 윈도우 오프셋이 -5 샘플에서 +5샘플까지의 값을 가질 때 정규화기(222)에서 출력되는 두 파일럿 간의 정규화된 평균 위상 차이값이다.

도 6b는 본 발명에서 FFT 윈도우 오프셋의 크기에 대하여 FFT 윈도우 제어기(228)의 입력을 도시한 것이다. 도 6b는 도 6a의 값이 반올림 계산기(224)를 통과하여 출력된 값이며, FFT 윈도우 오프셋에 대하여 정확하게 FFT 윈도우 오류를 추정하고 있다.

도 6c는 본 발명에서 FFT 윈도우 오프셋의 크기에 대하여 샘플링 클럭 제어을 제어하는 PLL기(230)의 입력을 도시한 것이다. 도 6c는 펄셈기(226)에서 출력된 반올림 계산기(224)의 입력값과 출력값간의 차이를 나타낸 것으로 FFT 윈도우 오프셋이 -5 샘플에서 +5샘플까지의 값을 가질 때 FFT 윈도우 오프셋의 영향을 받지 않고 정확한 특성 곡선을 나타낸다.

본 발명은 상술한 실시예에 한정되지 않으며, 본 발명의 사상내에서 당업자에 의한 변형이 가능함은 물론이다.

#### 【발명의 효과】

상술한 바와 같이 본 발명에 의하면, FFT 윈도우 위치 복원 기능과 샘플링 클럭 제어 기능이 동시에 동작하게 함으로서 주파수 동기 오류와 샘플링 클럭 오류

의 영향을 받지않고 FFT 윈도우 위치 복원이 이루어짐과 동시에 주파수 동기 오류 및 FFT 윈도우 위치 복원 오류의 영향을 받지 않고 샘플링 클럭이 제어되어 시스템 불안정의 원인이 제거되며, 또한 두 가지 기능이 동시에 동작하므로써 동기 수행 시간을 단축할 수 있다.

## 【특허청구범위】

### 【청구항 1】

N개의 실효 데이터 샘플과 G개의 보호구간으로 이루어진 심볼을 단위로 고속 푸리에 변환하는 OFDM 수신 장치에 있어서,

OFDM 신호를 디지털 복소 샘플로 변환하는 아날로그-디지털 변환 수단;

상기 아날로그-디지털 변환 수단에서 출력되는 디지털 복소 샘플들중에서 G개의 보호구간을 제거하고 N개의 실효 데이터 샘플을 출력하는 FFT 윈도우 수단;

상기 FFT 윈도우 수단으로부터 출력되는 샘플들을 고속 푸리에 변환하는 FFT 수단;

상기 FFT 수단으로부터 다수의 파일럿들을 통하여 수신된 수신 복소값들중 두 개의 값간의 위상 차를 계산하고, OFDM 심볼동안 이들 위상 차의 평균한 값을 계산하며, 그 평균값을 소정의 기준값으로 나누어 정규화시키는 위상계산수단;

상기 위상계산수단으로부터 출력되는 정규화값을 반올림한 정수부분에 의해 상기 FFT 윈도우기의 윈도우 위치를 제어하는 FFT 윈도우 제어 수단;

상기 FFT 윈도우 제어 수단의 반올림 값과 상기 위상계산수단의 정규화값간의 차인 소수부분에 의해 상기 아날로그-디지털 변환 수단의 샘플링 클럭을 제어하는 위상 동기 루프 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 FFT 윈도우 위치 복원과 샘플링 클럭 제어가 연동되는 OFDM 수신 장치.

### 【청구항 2】

제1항에 있어서, 상기 위상계산수단은

상기 FFT수단에서 출력되는 파일럿의 수신 복소값들중 2개의 파일럿간의 위상 차를 검출하는 위상차 검출부;

상기 위상 검출부에서 검출된 위상차의 평균을 OFDM 심볼 동안 계산하는 평균 계산부;

상기 평균 계산부로부터 출력되는 평균값을 1샘플 크기의 FFT 윈도우 오류가 존재할 경우에 발생하는 위상차에 해당하는 기준값으로 나누어 정규화하는 정규화부를 포함하는 것을 특징으로 하는 FFT 윈도우 위치 복원과 샘플링 클럭 제어가 연동되는 OFDM 수신 장치.

#### 【청구항 3】

제2항에 있어서, 상기 위상차 검출부는

$$\Delta\phi_{j,k_2,1} = \phi_{j,k_2} - \phi_{j,k_1} = 2\pi(k_2 - k_1) \frac{T_d + \Delta t_j}{T_U} \text{로 동작되는 것임을 특징으로}$$

로 하는 FFT 윈도우 위치 복원과 샘플링 클럭 제어가 연동되는 OFDM 수신 장치.

#### 【청구항 4】

제2항에 있어서, 상기 위상차 검출부는 인접하지 않는 두 개의 파일럿간의 위상차를 검출하는 것임을 특징으로 하는 FFT 윈도우 위치 복원과 샘플링 클럭 제어가 연동되는 OFDM 수신 장치.

#### 【청구항 5】

제2항에 있어서, 상기 평균 계산부의 평균값은  $\frac{1}{L} \sum_{n=1}^L \frac{\Delta\phi_{j,k_{n+1},n}}{k_{n+1} - k_n}$  로 계

산되는 것임을 특징으로 하는 FFT 윈도우 위치 복원과 샘플링 클럭 제어가 연동되는 OFDM 수신 장치.

【청구항 6】

제2항에 있어서, 상기 정규화부의 정규화는 상기 평균값에  $\frac{N}{2\pi}$  를 곱하여 계산되는 것임을 특징으로 하는 FFT 윈도우 위치 복원과 샘플링 클럭 제어가 연동되는 OFDM 수신 장치.

【청구항 7】

제1항에 있어서, 상기 FFT 윈도우 제어 수단은 상기 정규화값에 반올림하여 정수를 발생하는 반올림 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 FFT 윈도우 위치 복원과 샘플링 클럭 제어가 연동되는 OFDM 수신 장치.

【청구항 8】

제1항에 있어서, 상기 위상 동기 루프 수단은 상기 반올림 값과 상기 정규화값간의 차에의해 소수를 발생하는 뿔셈 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 FFT 윈도우 위치 복원과 샘플링 클럭 제어가 연동되는 OFDM 수신 장치.

【청구항 9】

OFDM 수신 장치에서 N개의 실효 데이터 샘플과 G개의 보호구간으로 이루어진 심볼을 단위로 FFT 윈도우 위치 복원과 샘플링 클럭 제어를 동시에 수행하는 방법에 있어서,

고속 푸리에 변환된 파일럿을 통한 복소값을 검출하여 파일럿간의 위상 차를



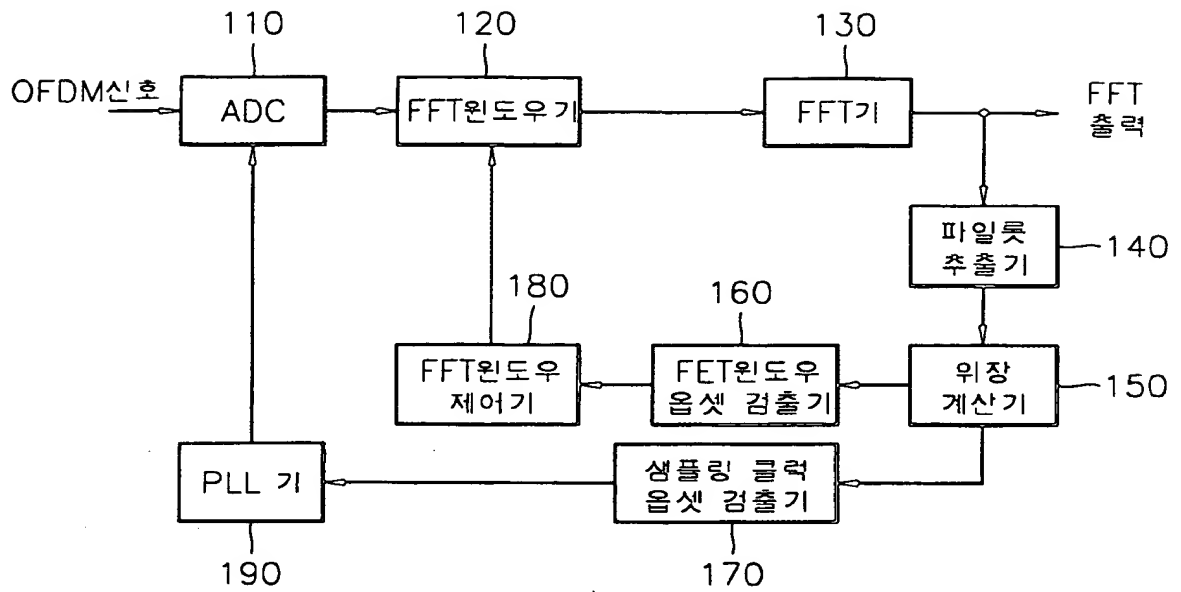
OFDM 심볼동안 평균한 값을 1샘플 크기의 FFT 윈도우 오류가 존재할 경우에 발생하는 위상차에 해당하는 기준값으로 나누어 정규화하는 제1단계;

상기 제1단계의 정규화값을 반올림하여 상기 FFT 윈도우 위치를 제어하는 제2단계;

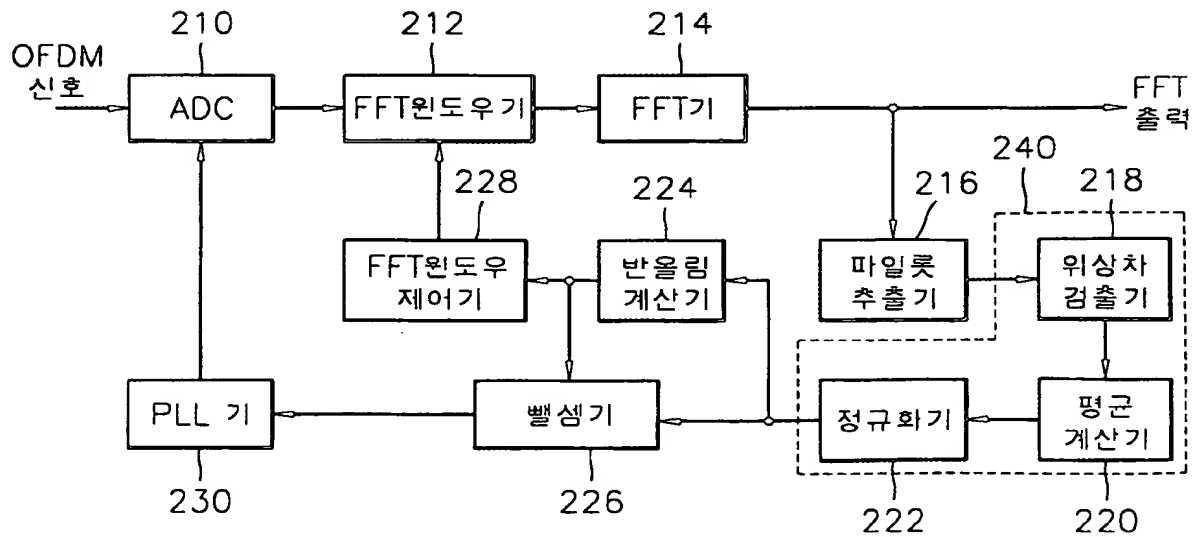
상기 제2단계에서 계산된 반올림 값과 정규화값간의 차에 의해 샘플링 클럭을 제어하는 제3단계를 포함하는 OFDM 수신 장치의 FFT 윈도우 위치 복원과 샘플링 클럭 제어 연동 방법.

【도면】

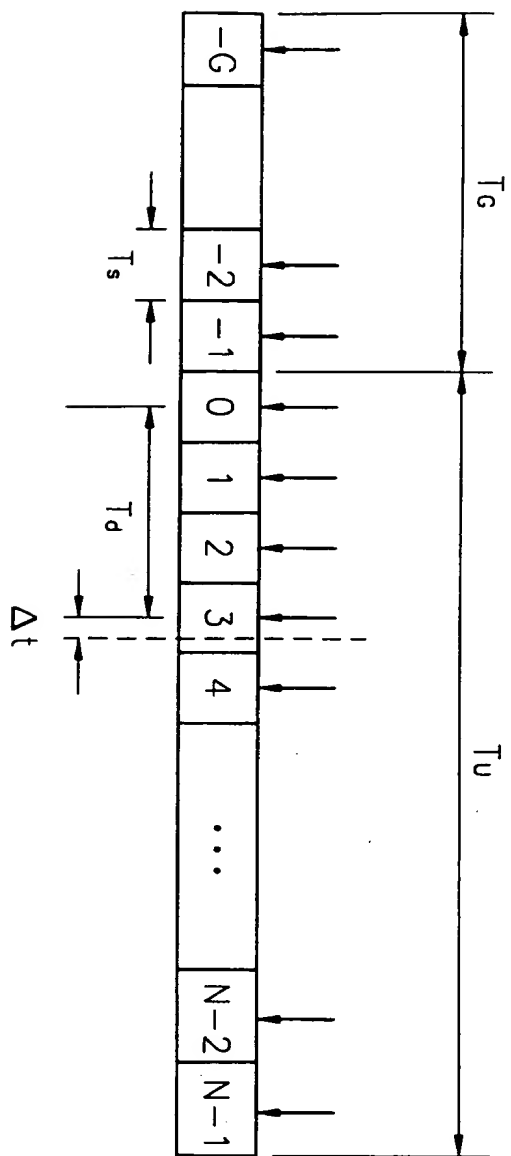
【도 1】



【도 2】



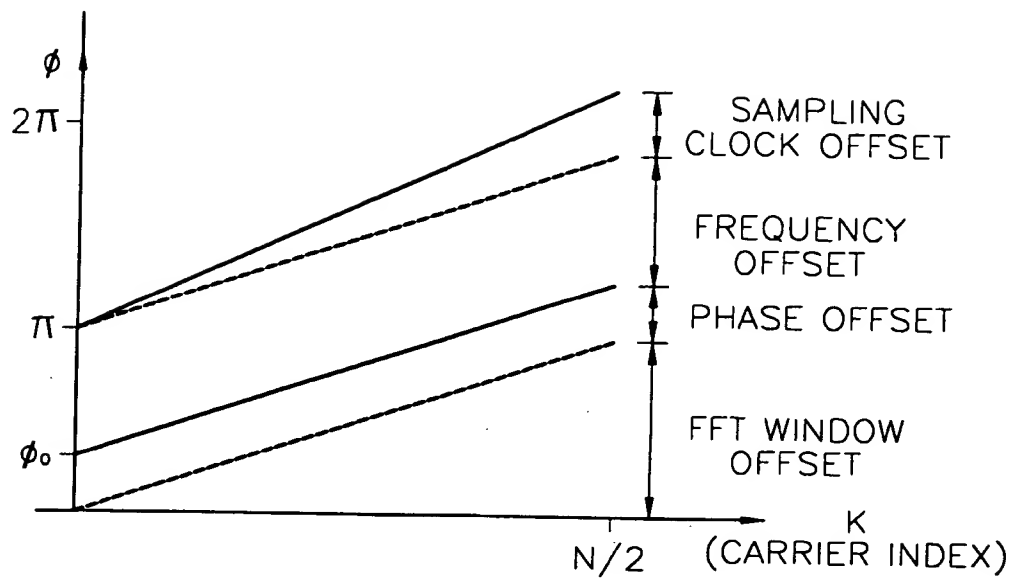
【도 3】



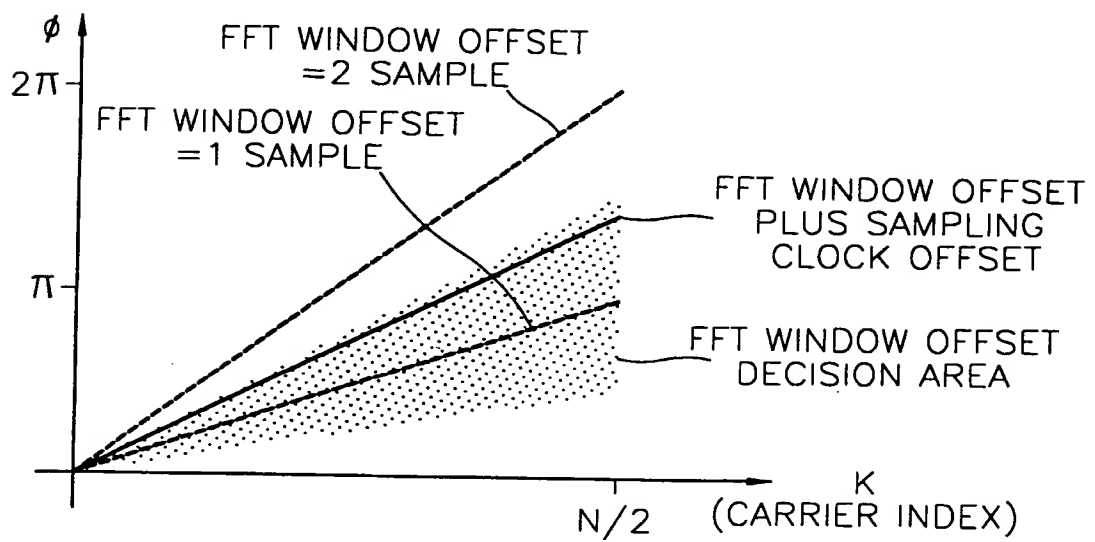
최적 샘플링 타이밍  $T_d$  FFT 윈도우 움직임

OFDM 샘플의 제 1 샘플링 타이밍  $\Delta t$  샘플링 클럭 움직임

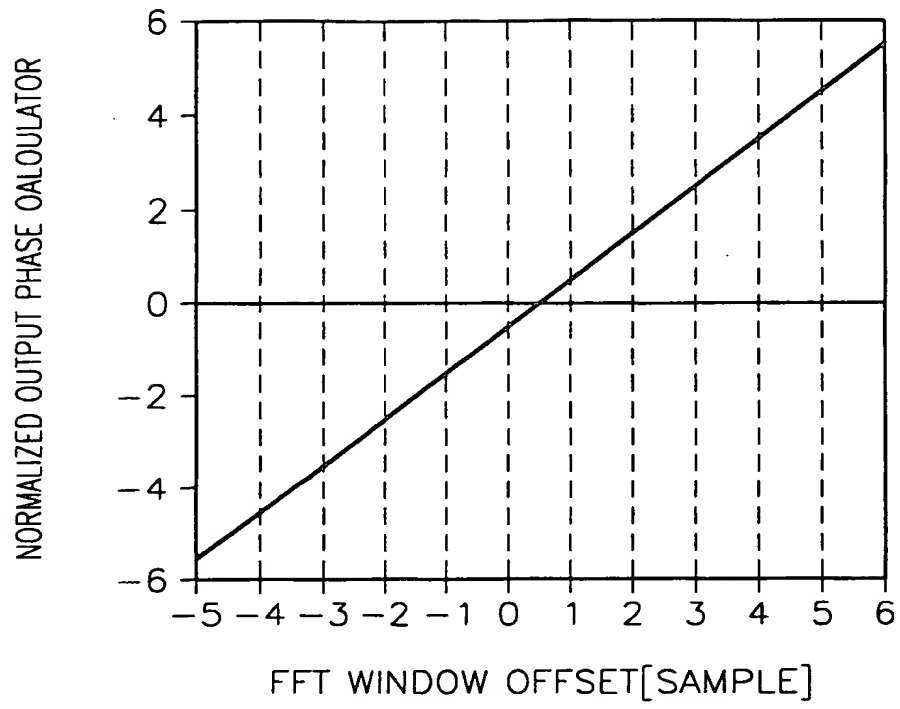
【도 4】



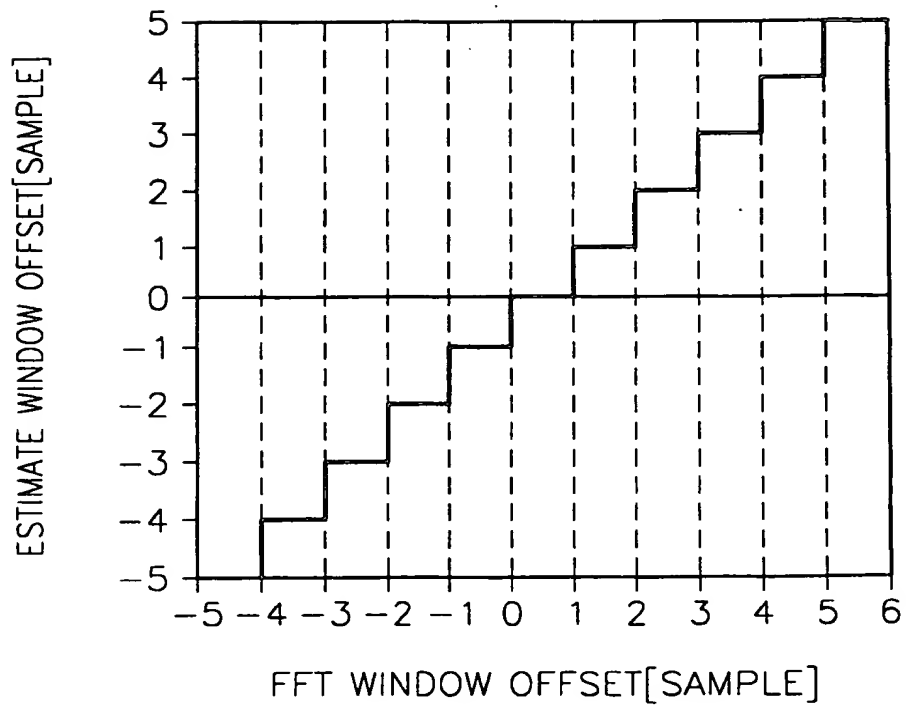
【도 5】



【도 6a】



【도 6b】



【도 6c】

